

MAGNETIC SENSOR, MAGNETIC HEAD, AND MAGNETIC RECORDER

Patent Number: JP2002270920
Publication date: 2002-09-20
Inventor(s): SEYAMA YOSHIHIKO; NAGASAKA KEIICHI
Applicant(s): FUJITSU LTD
Requested Patent: JP2002270920
Application Number: JP20010063117 20010307
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L43/08; G01R33/09; G11B5/39; H01F10/32
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic sensor, a magnetic head, and a magnetic recorder using an antiferromagnetic domain control film without making it difficult to choose materials or to control a manufacturing process.

SOLUTION: Either a part or all of a spin valve film is made to extend along each side of a magnetic sensing part, a bent part is provided to the extended part of the spin valve film, and antiferromagnetic layers 3 and 4 are arranged on the extended part extended from the bent parts.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-270920

(P2002-270920A)

(43)公開日 平成14年9月20日(2002.9.20)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 F 10/32	5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/32		G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2001-63117(P2001-63117)

(22)出願日 平成13年3月7日(2001.3.7)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 瀬山 喜彦

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 長坂 恵一

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100105337

弁理士 眞鍋 潔 (外3名)

最終頁に続く

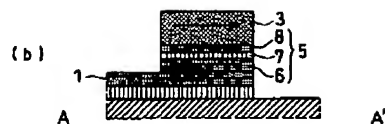
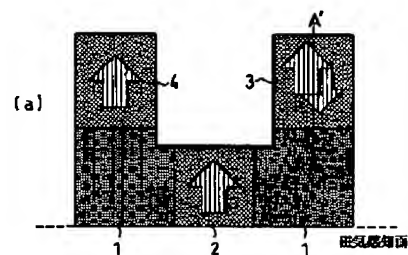
(54)【発明の名称】 磁気センサ、磁気ヘッド、及び、磁気記録装置

(57)【要約】

【課題】 磁気センサ、磁気ヘッド、及び、磁気記録装置に関し、材料選択やプロセス制御を困難にすることなく、反強磁性磁区制御膜を用いた磁気センサを実現する。

【解決手段】 少なくともフリー層1を含むスピンバルブ膜の一部或いは全部のいずれかを磁気感知部の両側に延長するとともに、延長部に屈曲部を設け、この屈曲部からの延長部上に反強磁性層3、4を配置したことを特徴とする。

本発明の原理的構成の説明図



1:フリー層
2:反強磁性層
3:反強磁性層
4:反強磁性層
5:後層反強磁性結合膜
6:磁性膜
7:中間層
8:磁性膜

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともフリー層を含むスピバルブ膜の一部或いは全部のいずれかを磁気感知部の両側に延長するとともに、前記延長部に屈曲部を設け、前記屈曲部からの延長部上に反強磁性層を配置したことを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】 上記屈曲方向が、上記磁気感知部の両側において互いに逆方向であることを特徴とする請求項1記載の磁気センサ。

【請求項3】 上記屈曲方向が、上記磁気感知部の両側において同方向であり、且つ、上記屈曲部からの延長部の一方に設ける反強磁性層とフリー層との間に、積層フェリ膜或いは積層反強磁性結合膜のいずれかを介在させたことを特徴とする請求項1記載の磁気センサ。

【請求項4】 請求項3に記載の磁気センサをリードヘッドとして用いたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項5】 請求項4記載の磁気ヘッドを搭載したことを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気センサ、磁気ヘッド、及び、磁気記録装置に関するものであり、特に、ハードディスクドライブ（HDD）等の磁気記録装置の再生ヘッド（リードヘッド）に用いる巨大磁気抵抗効果膜（GMR膜）のフリー層の磁区制御を行なう反強磁性膜の配置構造に特徴のある磁気センサ、磁気ヘッド、及び、磁気記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、コンピュータの外部記憶装置であるハードディスク装置等の磁気ヘッドとしては、コイルに発生する誘導電流により磁場を感知する誘導型の薄膜磁気ヘッド（インダクティブヘッド）が使用されていたが、近年のハードディスク装置等の高密度化、高速化の要請の高まりに伴い、磁場そのものを感知する磁気センサが再生用磁気ヘッドの主流となっている。

【0003】このような磁気センサとしては、従来は磁気抵抗（MR）効果を利用したものが採用されてたが、現在では巨大磁気抵抗（GMR）効果を利用したものが採用されており、このMRヘッド或いはGMRヘッドにおける再生原理は、リード電極から一定のセンス電流を流した場合に、磁気抵抗効果素子を構成する磁性薄膜の電気抵抗が記録媒体からの磁界により変化する現象を利用するものである。

【0004】近年のハードディスクドライブの高密度記録化に伴って、1ビットの記録面積が減少するとともに、発生する磁場は小さくなっており、現在市販されているハードディスクドライブの記録密度は10 Gbit/in²（≒1.55 Gbit/cm²）前後であるが、記録密度の上昇は年率約2倍のスピードで大きくなっている。そのため、さらに微小な磁場範囲に対応する

とともに、小さい外部磁場の変化を感知できる必要がある。

【0005】上述のように、現在、巨大磁気抵抗効果を利用した磁気センサとしては、スピバルブ素子を利用した磁気センサが広く用いられているので、この様なスピバルブ素子を利用した磁気センサを図8を参照して説明する。なお、図8（a）は、従来の硬磁性磁区制御膜を用いた磁気センサの概略的平面図であり、また、図8（b）は、図8（a）におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った概略的断面図である。

【0006】図8（a）及び（b）参照

まず、スライダの母体となるAl₂O₃-TiC基板上に、Al₂O₃膜を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層（いずれも図示を省略）を設け、Al₂O₃等の下部リードギャップ層61上に、Ta下地層62を介してNiFe層63、CoFeフリー層64、Cu中間層65、CoFeピンド層66、及び、PdPtMn反強磁性層67からなるスピバルブ膜を設けるとともに、Taキャップ層68で被覆したのち、所定の形状にパターニングし、次いで、スピバルブ膜の両端にCoCrPt等の硬磁性磁区制御層69を設ける。

【0007】次いで、Cr/Au等からなる導電膜を堆積させて一対のリード電極を形成したのち、再び、Al₂O₃等の上部リードギャップ層を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層（いずれも図示を省略）を設けることによって、スピバルブ素子を利用したMRヘッドの基本構成が完成する。

【0008】この様なスピバルブ巨大磁気抵抗効果は、磁化方向がPdPtMn反強磁性層67によって図において矢印で示す方向に固定されたCoFeピンド層66と外部磁場に依りて磁化方向が自由に回転するCoFeフリー層の磁化方向とのなす角により、伝導電子のスピンの依存した散乱が変化し、電気抵抗値が変化するので、この電気抵抗値の変化を定電流のセンス電流を流して電圧値の変化として検出することによって、外部磁場の状況、即ち、磁気記録媒体からの信号磁場を取得するものである。

【0009】このスピバルブ磁気抵抗センサにおいては、CoFeフリー層64内に磁区があると、バルクハウゼンノイズが発生するため、磁区制御を行なう必要があり、上述のようにスピバルブ膜の両側にCoCrPt等の硬磁性磁区制御層69、即ち、ハード膜を設けている。

【0010】しかし、このハード膜を用いたスピバルブ構造の磁気センサにおいては、フリー層のハード膜に接した部分に幅0.05μm前後の磁化方向固着層が必然的に形成され、この磁化方向固着層が外部磁場に対する不感帯となるので特性が低下するという問題がある。

【0011】一方、この様な不感帯を発生させることなくフリー層の磁区を制御する方法として、磁区制御膜に

反強磁性層を用いることも試みられているので、図9を参照して、従来の反強磁性磁区制御層を用いた磁気センサを説明する。なお、図9(a)は、従来の反強磁性磁区制御膜を用いた磁気センサの概略的平面図であり、また、図9(b)は、図9(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った概略的断面図である。

【0012】図9(a)及び(b)参照

まず、スライダの母体となる Al_2O_3-TiC 基板の上に、 Al_2O_3 膜を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層(いずれも図示を省略)を設け、 Al_2O_3 等の下部リードギャップ層61上に、Ta下地層62を介してNiFe層63、CoFeフリー層64、Cu中間層65、CoFeピンド層66、及び、PdPtMn反強磁性層67からなるスピナバルブ膜を設けるとともに、Taキャップ層68で被覆したのち、CoFeフリー層64に達するまで所定のメサ形状にパターニングする。

【0013】次いで、リフトオフ法を利用して、メサの側面に、NiFe下地層70を介してPdPtMnからなる反強磁性磁区制御膜71を設けたのち、メサに接するように堆積した反強磁性磁区制御膜71及びNiFe下地層70をイオンミリングによって選択的に除去し、次いで、再び、イオンミリングによって、所定の素子形状が得られるように、下部リードギャップ層61に達するまでエッチングする。

【0014】次いで、Cr/Au等からなる導電膜を堆積させて一对のリード電極を形成したのち、再び、 Al_2O_3 等の上部リードギャップ層を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層(いずれも図示を省略)を設けることによって、反強磁性磁区制御膜を設けたスピナバルブ素子を利用したMRヘッドの基本構成が完成する。この様な磁気センサにおいては、不感帯を生ずることなくフリー層の磁区を制御することが可能になる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この様な反強磁性磁区制御膜を設けたスピナバルブ構造磁気センサにおいては、スピナバルブ膜を構成するPdPtMn反強磁性層67によるピン方向方向と反強磁性磁区制御膜71によるピン方向を図9(a)に示すように直交させる必要があり、反強磁性材料の選択或いはプロセス等が非常に困難になるという問題がある。

【0016】即ち、反強磁性層としてPdPtMnを用いた場合、反強磁性層に磁化方向を付与する際に、真空中において、成膜時に印加した磁界と直交する方向の100[Oe]以上、例えば、2500[Oe]の直流磁場を印加しながら、真空中で250~280℃、例えば、280℃で0.5~5時間、例えば、3時間の熱処理を行なっているが、磁区制御膜に磁化方向を付与する際に同じ条件で行なうとスピナバルブ膜を構成するPdPtMn反強磁性層67も磁化方向の回転してしまうこ

となる。

【0017】したがって、磁区制御膜を構成する反強磁性材料として、PdPtMnより低い温度で磁化を付与できる材料を選択する必要性が生じ、且つ、磁界印加時の温度条件の設定等が困難になる。

【0018】したがって、本発明は、材料選択やプロセス制御を困難にすることなく、反強磁性磁区制御膜を用いた磁気センサを実現することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。なお、図1(a)は、磁気センサの概略的平面図であり、図1(b)は図1(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った概略的断面図である。

図1(a)及び(b)参照

上述の目的を達成するため、本発明は、磁気センサにおいて、少なくともフリー層1を含むスピナバルブ膜の一部或いは全部のいずれかを磁気感知部の両側に延長するとともに、延長部に屈曲部を設け、この屈曲部からの延長部上に反強磁性層3、4を配置したことを特徴とする。

【0020】この様に、少なくともフリー層1を含むスピナバルブ膜の一部或いは全部のいずれかを磁気感知部の両側に屈曲部を有する延長部を設けることによって、磁区制御層を構成する反強磁性層3、4とスピナバルブ膜を構成する反強磁性層2の磁化方向を同方向にすることができ、それによって、同一の反強磁性材料を用いても磁区制御層を構成する反強磁性層3、4に対する磁界印加時に、スピナバルブ膜を構成する反強磁性層2の磁化方向が影響を受けることがなく、場合によっては、反強磁性層3、4と反強磁性層2とを同時に同じ方向に磁化することができ、プロセス管理が大幅に簡素化され、且つ、工程数を低減することができる。

【0021】なお、フリー層1が下側になる正積層構造のスピナバルブ膜の場合には、フリー層1を含むスピナバルブ膜の一部を延長、屈曲させれば良く、また、フリー層1が上側になる逆積層構造のスピナバルブ膜の場合には、フリー層1を含むスピナバルブ膜の全部を延長、屈曲させれば良い。

【0022】この場合、屈曲方向は、磁気感知部の両側において互いに逆方向でも良いし、或いは、同方向でも良く、同方向に屈曲させる場合には、屈曲部からの延長部の一方に設ける反強磁性層3とフリー層1との間に、積層フェリ膜或いは積層反強磁性結合膜5のいずれかを介在させる必要がある。

【0023】図1(b)に示す様に、屈曲部からの延長部の一方に設ける反強磁性層3とフリー層1との間に、積層フェリ膜或いは積層反強磁性結合膜5を設けることによって、磁性膜8は反強磁性層3により図においては

右方向にピンされる。この磁性膜8と磁性膜6とは反強磁性的に結合しているため、磁性膜6は磁性膜8と反対方向にピンされ、それによって、フリー層1の磁化方向は磁性膜6のピン方向と同方向となる。一方、反強磁性層4の直下のフリー層1の磁化方向は反強磁性結合膜によるピン方向の反転がないため反強磁性層4の磁化方向と同一方向となり、フリー層1全体に閉じていない磁気回路が形成され、スピバルブ膜を構成する反強磁性層2の直下におけるフリー層1の磁区が制御されることになる。なお、Ru等の中間層7を介して設けたCoFe等の磁性膜6、8の膜厚が等しければ、積層反強磁性結合膜5となり、異なる膜厚であれば、狭義の積層フェリ膜となる。

【0024】また、フリー層1の延長部を磁気感知(ABS: Air Bearing Surface)面から後退させることが望ましく、それによって、隣接するトラックとの間のクロストークを防止することができる。

【0025】また、このような構成は、スピバルブ膜の膜面に平行に電流を流すCIP(Current in the plane)構造及びスピバルブ膜の膜面に垂直に電流を流すCPP(Current perpendicular to the plane)構造のいずれにも適用できるものであり、CCP構造の方がバルクハウゼンノイズの発生率にセンス電流依存性がみられない。

【0026】また、このような磁気センサを用いて、MRヘッド、或いは、誘導型のライトヘッドを積層させた複合薄膜磁気ヘッドを構成することによって、高記録密度化に対応した磁気ヘッドを構成することができ、さらに、この磁気ヘッドを用いることによって高性能の磁気記録装置を実現することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】ここで、図2及び図3を参照して、本発明の第1の実施の形態の磁気センサの製造工程を説明する。なお、図2(a)乃至図3(d)は、磁気センサの概略的断面図であり、図3(e)は、最終段階の概略的平面図であり、図3(e)においては、便宜上、PdPtMn反強磁性層17が露出しているように図示している。

図2(a)参照

まず、スライダの母体となる Al_2O_3-TiC 基板上に、 Al_2O_3 膜を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層(いずれも図示を省略)を設けたのち、 Al_2O_3 等の下部リードギャップ層11を設け、次いで、スパッタリング法を用いて下部リードギャップ層11上に、厚さが、例えば、5nmのTa下地層12、厚さが、例えば、2nmのNiFe層13、厚さが、例えば、2nmのCoFeフリー層14、厚さが、例えば、2.4nmのCu中間層15、厚さが、例

えば、2nmのCoFeビンド層16、及び、厚さが、例えば、13nmのPdPtMn反強磁性層17、及び、厚さが、例えば、6nmのTaキャップ層18を順次成膜する。なお、この場合のNiFe層13の組成比は、例えば、 $Ni_{81}Fe_{19}$ であり、また、CoFeフリー層14及びCoFeビンド層16の組成は、例えば、 $Co_{90}Fe_{10}$ であり、さらに、PdPtMn反強磁性層17の組成比は、例えば、 $Pd_{31}Pt_{17}Mn_{52}$ である。

【0028】図2(b)参照

次いで、スピバルブ膜幅に相当する幅を有するレジストパターン19を設け、このレジストパターン19をマスクとしてイオンミリングを施すことによってCoFeフリー層14が露出するまでエッチングする。

【0029】図2(c)参照

引き続いて、レジストパターン19をそのままリフトオフ用のパターンとして用いて、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、2nmのNiFe下地層20及び厚さが、例えば、13nmのPdPtMn反強磁性層21を順次成膜する。なお、この場合のNiFe下地層20は、PdPtMn反強磁性層21の磁気特性が良好になるように設けるものであり、また、NiFe下地層20及びPdPtMn反強磁性層21の組成比は上記の組成比と同様である。

【0030】次いで、レジストパターン19を除去したのち、真空中において、100[Oe]以上、例えば、2500[Oe]の直流磁場を印加しながら、真空中で250~280℃、例えば、280℃で0.5~5時間、例えば、3時間の熱処理を行なうことによって、図において奥行き方向にPdPtMn反強磁性層17及びPdPtMn反強磁性層21に磁化を付与し、PdPtMn反強磁性層17の下CoFeビンド層16のピン方向及びPdPtMn反強磁性層21の下CoFeフリー層14のピン方向を決定する。

【0031】図3(d)参照

次いで、所定の開口部を有するレジストパターン22を設け、このレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによって、露出部をCoFeフリー層14に達するまでエッチングして、PdPtMn反強磁性層21の不要部を除去する。なお、この除去部の形状は、後述する図3(e)におけるPdPtMn反強磁性層21とPdPtMn反強磁性層17の間の領域である。

【0032】図3(e)参照

次いで、新たなレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによって、CoFeフリー層14の延在部がメサ状のスピバルブ膜部、即ち、磁気感知部に対して互いに逆方向に屈曲するように、且つ、屈曲部からの延長部上にPdPtMn反強磁性層21からなる磁区制御層23が存在する素子形状になるように下部リードギャップ層11に達するまで除去する。

【0033】以降は、図示を省略するもの、レジストパターンを除去したのち、例えば、蒸着法を用いて、厚さが、例えば、3 nmのCr密着層及び厚さが例えば、30 nmのAu電極層を堆積させたのち、再び、新たなレジストパターンをマスクとしたイオンミリングを施すことによって、一対のCr/Au膜からなるリード電極を形成し、次いで、 Al_2O_3 等の上部リードギャップ層を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層を設けることによって磁気センサの基本構成が完成する。

【0034】この本発明の第1の実施の形態は、一度の加熱下における磁場印加により、PdPtMn反強磁性層17及びPdPtMn反強磁性層21に所定方向の磁化を付与し、CoFeフリー層14の磁区を制御することができ、したがって、磁区制御膜をスピンバルブ膜を構成する反強磁性層と同じ反強磁性材料によって構成することができ、構成及び工程が簡素化される。

【0035】この第1の実施の形態においては、その素子形状により磁気記録媒体に対向する磁気感知面(ABS面)を構成することができないので、HDDに用いるMRヘッドに用いることはできないが、ガウスメータ等の一般の磁気センサとして用いることができる。

【0036】次に、図4を参照して、本発明の第2の実施の形態の磁気センサを説明するが、基本的製造工程は上記の第1の実施の形態と同様であるので、製造工程の図示は省略する。なお、図4(a)は本発明の第2の実施の形態の磁気センサの概略的平面図であり、また、図4(b)は、図4(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線の水平方向部分のみに沿った概略的断面図であり、また、図4(c)は、図4(a)におけるB-B'を結ぶ一点鎖線に沿った概略的断面図であり、図4(a)においては、便宜上、PdPtMn反強磁性層17が露出しているように図示している。

【0037】図4(a)及び(b)参照

まず、上記の第1の実施の形態と全く同様に、スライダの母体となる Al_2O_3 -TiC基板上に、 Al_2O_3 膜を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層(いずれも図示を省略)を設けたのち、 Al_2O_3 等の下部リードギャップ層11を設け、次いで、スパッタリング法を用いて下部リードギャップ層11上に、厚さが、例えば、5 nmのTa下地層12、厚さが、例えば、2 nmのNiFe層13、厚さが、例えば、2 nmのCoFeフリー層14、厚さが、例えば、2.4 nmのCu中間層15、厚さが、例えば、2 nmのCoFeビンド層16、厚さが、例えば、13 nmのPdPtMn反強磁性層17、及び、厚さが、例えば、6 nmのTaキャップ層18を順次成膜する。

【0038】次いで、図においてスピンバルブ膜部及びその右側部を覆うレジストパターンを設け、このレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによってCoFeフリー層14が露出するまでエッチング

する。

【0039】引き続き、レジストパターンをそのままリフトオフ用のパターンとして用いて、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、2 nmのNiFe下地層20及び厚さが、例えば、13 nmのPdPtMn反強磁性層21を順次成膜する。

【0040】次いで、レジストパターンを除去したのち、図においてスピンバルブ膜部及びその左側部を覆う新たなレジストパターンを設け、このレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによってCoFeフリー層14が露出するまでエッチングする。

【0041】引き続き、このレジストパターンをそのままリフトオフ用のパターンとして用いて、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、2 nmのNiFe下地層24、厚さが、例えば、2 nmのCoFe層25、厚さが、例えば、0.8 nmのRu層26、例えば、2 nmのCoFe層27、及び、厚さが、例えば、13 nmのPdPtMn反強磁性層29を順次成膜する。なお、CoFe層25/Ru層26/CoFe層27によって積層フェリ層28、厳密には、積層反強磁性結合膜が構成される。

【0042】次いで、レジストパターンを除去したのち、真空中において、10000 [Oe]以上、例えば、20000 [Oe]の強い直流磁場を印加しながら、真空中で250~280℃、例えば、280℃で0.5~5時間、例えば、3時間の熱処理を行なうことによって、図において奥行き方向にPdPtMn反強磁性層17、PdPtMn反強磁性層21、及び、PdPtMn反強磁性層29に磁化を付与し、PdPtMn反強磁性層17の下CoFeビンド層16のピン方向、PdPtMn反強磁性層21及びPdPtMn反強磁性層29の下CoFeフリー層14のピン方向を決定する。

【0043】次いで、所定の開口部を有する新たなレジストパターンを設け、このレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによって、露出部をCoFeフリー層14に達するまでエッチングして、PdPtMn反強磁性層21、29の不要部を除去する。なお、この除去部の形状は、図4(a)におけるPdPtMn反強磁性層21及びPdPtMn反強磁性層29とPdPtMn反強磁性層17の間の領域である。

【0044】次いで、新たなレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによって、CoFeフリー層14の延在部がメサ状のスピンバルブ膜部に対して同じ方向に屈曲するように、且つ、屈曲部からの延長部上にPdPtMn反強磁性層21、29からなる磁区制御層23が存在する素子形状になるように下部リードギャップ層11に達するまで除去する。

【0045】以降は、図示を省略するもの、レジストパターンを除去したのち、例えば、蒸着法を用いて、厚さ

が、例えば、3 nmのCr密着層及び厚さが、例えば、30 nmのAu電極層を堆積させたのち、再び、新たなレジストパターンをマスクとしたイオンミリングを施すことによって、一対のCr/Au膜からなるリード電極を形成し、次いで、 Al_2O_3 等の上部リードギャップ層を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層を設けることによって本発明の第2の実施の形態の磁気センサの基本構成が完成する。

【0046】図4(c)参照

この本発明の第2の実施の形態の磁気センサにおいては、一方のフリー層の延在部にCoFe層25/Ru層26/CoFe層27からなる広義の積層フェリ層28を介してPdPtMn反強磁性層29を設けているので、PdPtMn反強磁性層29とPdPtMn反強磁性層21とを同時に熱処理して磁化方向を同方向としても、積層フェリ層28を設けることによって、CoFe層27はPdPtMn反強磁性層29により図においては右方向にピンされる。

【0047】このCoFe層27と、CoFe層25及びNiFe層24とは反強磁性的に結合しているため、CoFe層25及びNiFe層24はCoFe層27と反対方向にピンされ、それによって、CoFeフリー層14及びNiFe層13の磁化方向はCoFe層25及びNiFe層24のピン方向と同方向となる。

【0048】一方、PdPtMn反強磁性層21の直下のCoFeフリー層14の磁化方向は反強磁性結合膜によるピン方向の反転がないためPdPtMn反強磁性層21の磁化方向と同一方向となり、CoFeフリー層14全体に閉じていない磁気回路が形成され、スピンバルブ膜を構成するPdPtMn反強磁性層17の直下におけるCoFeフリー層14の磁区を良好に制御することができる。

【0049】次に、図5を参照して、本発明の第3の実施の形態の磁気センサを説明するが、この第3の実施の形態の磁気センサは、上記の第2の実施の形態の磁気センサにおけるCoFeフリー層14の素子形状にパターンニングする際に、延長部をABS面から後退させたものであり、基本的製造工程は上記の第2の実施の形態と全く同様であるので、製造工程等の説明は省略する。なお、図5(a)は本発明の第3の実施の形態の磁気センサの概略的平面図であり、また、図5(b)は、図5(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線の水平方向部分のみに沿った概略的断面図であり、図5(a)においては、便宜上、PdPtMn反強磁性層17が露出しているように図示している。

【0050】この第3の実施の形態の磁気センサにおいては、スピンバルブ膜から左右に延長したCoFeフリー層14がABS面から後退しているため、磁気記録媒体において読取対象となるトラックに隣接する隣接トラックの影響を低減させることが、即ち、クロストークを

防止することができ、それによって高精度の読み取りが可能になる。

【0051】次に、図6を参照して、本発明の第4の実施の形態の磁気センサを説明するが、この第4の実施の形態の磁気センサは、上記の第2の実施の形態の磁気センサの積層順序を逆にしたものであり、基本的な製造方法及び磁気特性に違いはない。なお、図6(a)は本発明の第4の実施の形態の磁気センサの概略的平面図であり、また、図6(b)は、図6(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線の水平方向部分のみに沿った概略的断面図であり、図6(a)においては、便宜上、CoFeフリー層37が露出しているように図示している。

【0052】図6(a)及び(b)参照

まず、スライダの母体となる Al_2O_3 -TiC基板上に、 Al_2O_3 膜を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層（いずれも図示を省略）を設けたのち、 Al_2O_3 等の下部リードギャップ層31を設け、次いで、スパッタリング法を用いて下部リードギャップ層31上に、厚さが、例えば、5 nmのTa下地層32、厚さが、例えば、2 nmのNiFe層33、厚さが、例えば、13 nmのPdPtMn反強磁性層34、厚さが、例えば、2 nmのCoFeピン層35、厚さが、例えば、2.4 nmのCu中間層36、厚さが、例えば、2 nmのCoFeフリー層37、及び、厚さが、例えば、6 nmのTaキャップ層38を順次成膜する。

【0053】次いで、図6(a)における少なくともCoFeフリー層37の露出部及びPdPtMn反強磁性層46に相当する反応性イオンエッチングを覆うレジストパターンを設け、このレジストパターンをマスクとしてRIE（反応性イオンエッチング）を施すことによってTaキャップ層38の露出部を除去し、CoFeフリー層37を露出させる。

【0054】引き続いて、レジストパターンをそのままリフトオフ用のパターンとして用いて、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、2 nmのNiFe下地層39及び厚さが、例えば、13 nmのPdPtMn反強磁性層40を順次成膜する。

【0055】次いで、レジストパターンを除去したのち、図6(a)における少なくともCoFeフリー層37の露出部及びPdPtMn反強磁性層40に相当する反応性イオンエッチングを覆うレジストパターンを設け、このレジストパターンをマスクとしてRIEを施すことによってTaキャップ層38の露出部を除去し、CoFeフリー層37を露出させる。

【0056】引き続いて、このレジストパターンをそのままリフトオフ用のパターンとして用いて、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、2 nmのNiFe下地層41、厚さが、例えば、2 nmのCoFe層42、厚さが、例えば、0.8 nmのRu層43、例えば、2 nmのCoFe層44、及び、厚さが、例えば、13 nm

mのPdPtMn反強磁性層46を順次成膜する。なお、この場合も、CoFe層42/Ru層43/CoFe層44によって積層フェリ層45が形成される。

【0057】次いで、レジストパターンを除去したのち、真空中において、10000〔Oe〕以上、例えば、20000〔Oe〕の強い直流磁場を印加しながら、真空中で250～280℃、例えば、280℃で0.5～5時間、例えば、3時間の熱処理を行なうことによって、図において奥行き方向にPdPtMn反強磁性層34、PdPtMn反強磁性層40、及び、PdPtMn反強磁性層46に磁化を付与し、PdPtMn反強磁性層34の下にCoFeピンド層35のピン方向、PdPtMn反強磁性層40及びPdPtMn反強磁性層46の下にCoFeフリー層37のピン方向を決定する。

【0058】次いで、新たなレジストパターンをマスクとしてイオンミリングを施すことによって、CoFeフリー層37の延在部がメサ状のスピンバルブ膜部に対して同じ方向に屈曲するように、且つ、屈曲部からの延長部上にPdPtMn反強磁性層40、46からなる磁区制御層が存在する素子形状になるように下部リードギャップ層31に達するまで除去する。

【0059】以降は、図示を省略するもの、レジストパターンを除去したのち、例えば、蒸着法を用いて、厚さが、例えば、3nmのCr密着層及び厚さが、例えば、30nmのAu電極層を堆積させたのち、再び、新たなレジストパターンをマスクとしたイオンミリングを施すことによって、一対のCr/Au膜からなるリード電極を形成し、次いで、 Al_2O_3 等の上部リードギャップ層を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層を設けることによって第4の実施の形態の磁気センサの基本構成が完成する。

【0060】この第4の実施の形態においては、逆積層構造を採用しているのでスピンバルブ膜をメサ構造にする工程が不要であり、したがって、製造工程が簡素化されるのでプロセスダメージが少なくなり、特性劣化を低減することができる。

【0061】次に、図7を参照して、本発明の第5の実施の形態のCPP構造の磁気センサを説明するが、基本的製造工程は上記の第3の実施の形態と同様であるので、製造工程の図示は省略する。なお、図7(a)は本発明の第5の実施の形態の磁気センサの概略的平面図であり、また、図7(b)は、図7(a)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線の水平方向部分のみに沿った概略的断面図であり、図7(a)においては、便宜上、PdPtMn反強磁性層17が露出しているように図示するとともに、 SiO_2 膜及び上部電極の図示は省略している。

【0062】図7(a)及び(b)参照

まず、スライダの母体となる Al_2O_3 -TiC基板

上に、 Al_2O_3 膜を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層(いずれも図示を省略)を設けたのち、 Al_2O_3 等の下部リードギャップ層11を設け、次いで、蒸着法を用いて、厚さが、例えば、10nmのCr密着層51及び厚さが、例えば、30nmのAu下部電極52を堆積させる。

【0063】次いで、スパッタリング法を用いてAu下部電極層52上に、厚さが、例えば、5nmのTa下地層12、厚さが、例えば、2nmのNiFe層13、厚さが、例えば、2nmのCoFeフリー層14、厚さが、例えば、2.4nmのCu中間層15、厚さが、例えば、2nmのCoFeピンド層16、厚さが、例えば、13nmのPdPtMn反強磁性層17、及び、厚さが、例えば、6nmのTaキャップ層18を順次成膜する。以降は、素子形状にパターンニングする工程まで、上記の第3の実施の形態と実質的に同様に行なう。

【0064】図7(a)に示す素子形状にパターンニングした後、全面に厚さが、例えば、70nmの SiO_2 膜53を堆積させたのち、Taキャップ層18に対するコンタクトホールを形成し、次いで、例えば、蒸着法を用いて、厚さが、例えば、3nmのCr密着層54及び厚さが例えば、30nmの上部Au電極層55を堆積させたのち、再び、新たなレジストパターンをマスクとしたイオンミリングを施すことによって、上部電極を形成し、最後に、 Al_2O_3 等の上部リードギャップ層を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層を設けることによって本発明の第5の実施の形態のCPP構造の磁気センサの基本構成が完成する。

【0065】この第5の実施の形態においては、CPP構造、即ち、スピンバルブ膜の膜面に垂直にセンス電流を流すので、センス電流によって発生される磁界が、フリー層のピン方向に悪影響を与えることがなく、センス電流の大小によって特性が変化することがない。

【0066】次に、上記の第1の実施の形態の磁気センサに対応するCPP構造の第6の実施の形態の磁気センサ、上記の第2の実施の形態の磁気センサに対応するCPP構造の第7の実施の形態の磁気センサ、及び、上記の第4の実施の形態の磁気センサに対応するCPP構造の第8の実施の形態の磁気センサを構成した。いずれの場合も、上記のCIP構造の磁気センサに対し、上記の第5の実施の形態と全く同様に、下部電極を設けるとともに、 SiO_2 膜を介して上部電極を設けたものであり、基本的な製造工程及び構造に相違はないので、説明は省略する。

【0067】これらの第1乃至第8の実施の形態の磁気センサに対し、四端子法により、印加磁場±500〔Oe〕でのMR曲線を測定し、バルクハウゼンノイズの発生状況を調査した。この場合、試料数は各実施の形態当たり100個とし、全抵抗変化の1/100のジャンプのあるものをバルクハウゼンノイズが発生した試料とし

た。

【表1】

【0068】

表1 バルクハウゼンノイズの発生率 (%)

試 料	センス電流				
	1mA	2mA	3mA	4mA	5mA
第1の実施の形態	1	2	4	5	7
第2の実施の形態	2	3	5	7	9
第3の実施の形態	2	4	5	8	10
第4の実施の形態	1	3	4	6	9
第5の実施の形態	3	5	4	4	3
第6の実施の形態	1	2	2	3	2
第7の実施の形態	2	3	3	4	3
第8の実施の形態	2	4	3	3	4

【0069】表1は、上記の各実施の形態の磁気センサをバルクハウゼンノイズの発生率をセンス電流を1mA、2mA、3mA、4mA、5mAの5つの条件に対して示したものであり、第1乃至第4の実施の形態のCIP構造の磁気センサにおいては、センス電流の増加とともにバルクハウゼンノイズの発生率が増加するが、10%以下であった。

【0070】一方、第5乃至第8の実施の形態のCPP構造の磁気センサにおいては、バルクハウゼンノイズの発生率にセンス電流依存性がみられず、発生率は5%以下であった。これは、CIP構造の磁気センサにおいては、フリー層に沿って流れるセンス電流が発生する磁界が、磁区制御のための磁化方向を乱すのに対し、センス電流によって発生される磁界が、磁区制御のための磁化方向に悪影響を与えることがなく、センス電流の大小によって特性が変化することがないためと考えられる。

【0071】なお、抵抗変化率は、as-depositの膜、即ち、ベタ膜に対して20%以下の低下に収まっているが、この低下は、素子形状に形成するまでに至る各工程によるプロセスダメージであると考えられる。

【0072】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載した構成に限られるものではなく、各種の変更が可能である。例えば、上記の各実施の形態の説明においては、リード電極を、通常のフォトリソグラフィ工程によってパターンニングしているが、レジストパターンを用いたリフトオフ法によって形成しても良いものである。

【0073】また、上記の第2乃至第5の実施の形態、第7の実施の形態、及び、第8の実施の形態においては、積層フェリ層、即ち、広義の積層フェリ層を、一対の磁性膜の厚さが同じである積層反強磁性結合膜によって構成しているが、積層反強磁性結合膜に限られるものではなく、一対の磁性膜の厚さが異なる狭義の積層フェリ層によって構成しても良いものである。

【0074】また、本発明の第5乃至第8の実施の形態

の説明において、コンタクトホールを形成する絶縁膜としてSiO₂膜を用いているが、SiO₂膜に限られるものではなく、Al₂O₃膜を用いても良いものであり、Al₂O₃膜を用いた場合には、RIE工程における反応性ガスとして、C1系ガスを用いれば良い。

【0075】また、上記の各実施の形態に記載した磁性層、反強磁性層、及び、導電層の材質は単なる一例にすぎず、各種の公知の磁性材料、反強磁性材料、及び、導電材料を組み合わせ用いても良いことは言うまでもないことである。

【0076】また、本発明の各実施の形態の説明においては、ガウスメータ或いはMRヘッド用の単独の磁気センサとして説明しているが、本発明は単独の磁気センサに限られるものではなく、誘導型の薄膜磁気ヘッドと積層した複合型薄膜磁気ヘッドを構成するMRヘッド用の磁気センサとしても適用されるものであることも言うまでもないことである。

【0077】ここで、再び、図1を参照して、本発明の詳細な特徴を説明する。

図1(a)及び(b)参照

(付記1) 少なくともフリー層1を含むスピンバルブ膜の一部或いは全部のいずれかを磁気感知部の両側に延長するとともに、前記延長部に屈曲部を設け、前記屈曲部からの延長部上に反強磁性層3、4を配置したことを特徴とする磁気センサ。

(付記2) 上記屈曲方向が、上記磁気感知部の両側において互いに逆方向であることを特徴とする付記1記載の磁気センサ。

(付記3) 上記屈曲方向が、上記磁気感知部の両側において同方向であり、且つ、上記屈曲部からの延長部の一方に設ける反強磁性層3とフリー層1との間に、積層フェリ膜或いは積層反強磁性結合膜5のいずれかを介在させたことを特徴とする付記1記載の磁気センサ。

(付記4) 上記フリー層1の延長部を磁気感知面から後退させたことを特徴とする付記3記載の磁気センサ。

【付記5】 センス電流を流す方向が、スピンバルブ膜の膜面に垂直であることを特徴とする付記1乃至4のいずれか1に記載の磁気センサ。

【付記6】 付記3乃至5のいずれか1項に記載の磁気センサを用いたことを特徴とする磁気リードヘッド。

【付記7】 付記6記載の磁気リードヘッドと誘導型磁気ライトヘッドとを積層させたことを特徴とする複合型薄膜磁気ヘッド。

【付記8】 付記6記載の磁気リードヘッド或いは付記7記載の複合型薄膜磁気ヘッドのいずれを搭載したことを特徴とする磁気記録装置。

【0078】

【発明の効果】本発明によれば、磁区制御膜を反強磁性層によって構成する際に、フリー層に屈曲部を有する延長部を設けるとともに、反強磁性層の配置を工夫しているので、一度の磁界印加工程で、スピンバルブ膜を構成する反強磁性層と、磁区制御膜を構成する磁区制御膜とに所定の磁化方向を付与することができ、それによって、材料選択が容易になるとともに、製造工程が簡素化されるので、高記録密度のHDD装置の普及・低価格化に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態の磁気センサの説明図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態の磁気センサの説明図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態の磁気センサの説明図である。

【図7】本発明の第5の実施の形態の磁気センサの説明図である。

【図8】従来の硬磁性磁区制御膜を用いた磁気センサの説明図である。

【図9】従来の反強磁性磁区制御膜を用いた磁気センサの説明図である。

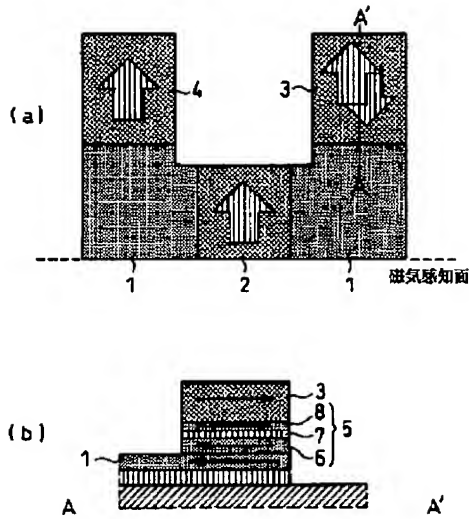
【符号の説明】

- 1 フリー層
- 2 反強磁性層
- 3 反強磁性層
- 4 反強磁性層
- 5 積層反強磁性結合膜
- 6 磁性膜
- 7 中間層
- 8 磁性膜
- 11 下部リードギャップ層
- 12 Ta下地層

- 13 NiFe層
- 14 CoFeフリー層
- 15 Cu中間層
- 16 CoFeピンド層
- 17 PdPtMn反強磁性層
- 18 Taキャップ層
- 19 レジストパターン
- 20 NiFe下地層
- 21 PdPtMn反強磁性層
- 22 レジストパターン
- 23 磁区制御層
- 24 NiFe下地層
- 25 CoFe層
- 26 Ru層
- 27 CoFe層
- 28 積層フェリ層
- 29 PdPtMn反強磁性層
- 31 下部リードギャップ層
- 32 Ta下地層
- 33 NiFe層
- 34 PdPtMn反強磁性層
- 35 CoFeピンド層
- 36 Cu中間層
- 37 CoFeフリー層
- 38 Taキャップ層
- 39 NiFe下地層
- 40 PdPtMn反強磁性層
- 41 NiFe下地層
- 42 CoFe層
- 43 Ru層
- 44 CoFe層
- 45 積層フェリ層
- 46 PdPtMn反強磁性層
- 51 Cr密着層
- 52 Au下部電極
- 53 SiO₂膜
- 54 Cr密着層
- 55 Au上部電極
- 61 下部リードギャップ層
- 62 Ta下地層
- 63 NiFe層
- 64 CoFeフリー層
- 65 Cu中間層
- 66 CoFeピンド層
- 67 PdPtMn反強磁性層
- 68 Taキャップ層
- 69 硬磁性磁区制御膜
- 70 NiFe下地層
- 71 反強磁性磁区制御膜

【図1】

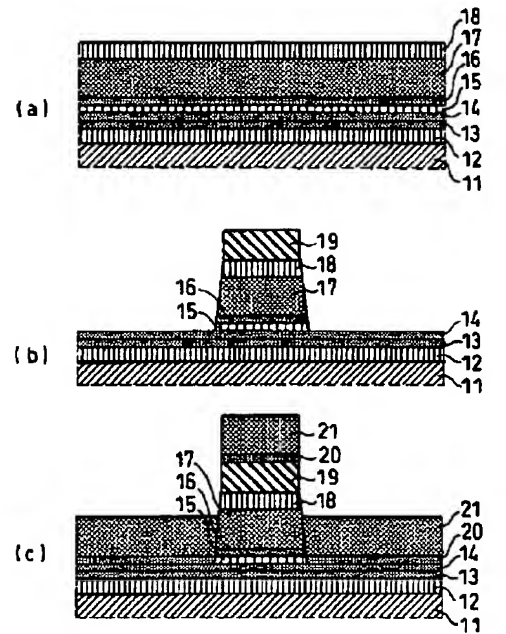
本発明の原理的構成の説明図



- | | |
|---------|-------------|
| 1:フリー層 | 5:積層反強磁性結合膜 |
| 2:反強磁性層 | 6:磁性膜 |
| 3:反強磁性層 | 7:中間層 |
| 4:反強磁性層 | 8:磁性膜 |

【図2】

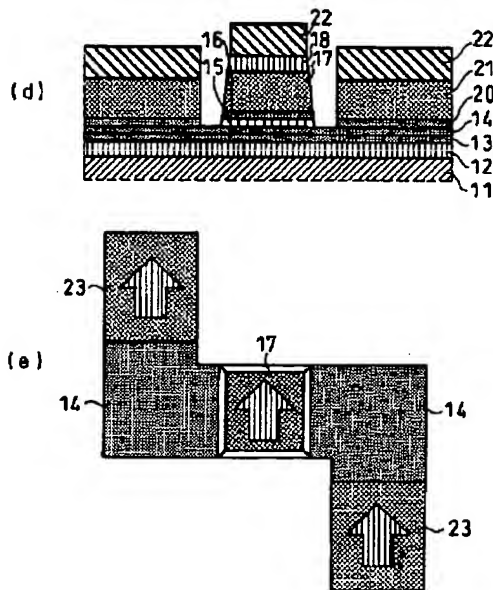
本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図



- | | | |
|---------------|----------------|----------------|
| 11:下部リードギャップ層 | 15:Cu中間層 | 19:レジストパターン |
| 12:Ta下地層 | 16:CoFeピンド層 | 20:NiFe下地層 |
| 13:NiFe層 | 17:PdPtMn反強磁性層 | 21:PdPtMn反強磁性層 |
| 14:CoFeフリー層 | 18:Taキャップ層 | |

【図3】

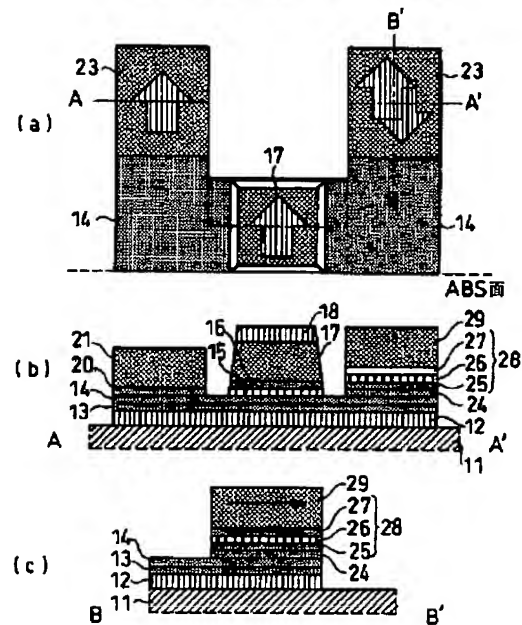
本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図



- | | |
|----------------|-----------------|
| 11: 下部リードギャップ層 | 17: PdPtMn反強磁性層 |
| 12: Ta下地層 | 18: Taキャップ層 |
| 13: NiFe層 | 20: NiFe下地層 |
| 14: CoFeフリー層 | 21: PdPtMn反強磁性層 |
| 15: Cu中間層 | 22: レジストパターン |
| 16: CoFeピンド層 | 23: 磁区制御層 |

【図4】

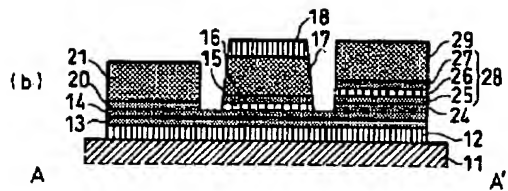
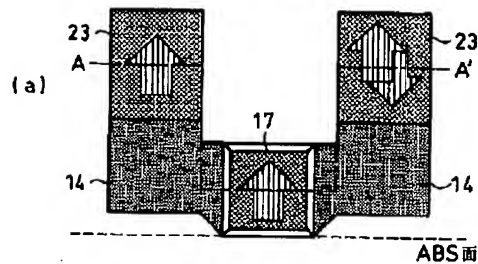
本発明の第2の実施の形態の磁気センサの説明図



- | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|
| 11: 下部リードギャップ層 | 17: PdPtMn反強磁性層 | 25: CoFe層 |
| 12: Ta下地層 | 18: Taキャップ層 | 26: Ru層 |
| 13: NiFe層 | 20: NiFe下地層 | 27: CoFe層 |
| 14: CoFeフリー層 | 21: PdPtMn反強磁性層 | 28: 積層フェリ層 |
| 15: Cu中間層 | 23: 磁区制御層 | 29: PdPtMn反強磁性層 |
| 16: CoFeピンド層 | 24: NiFe下地層 | |

【図5】

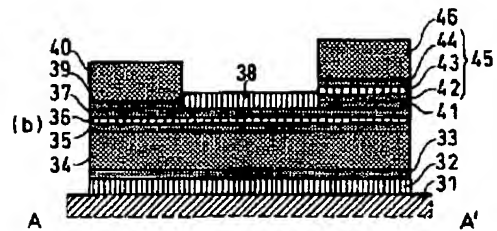
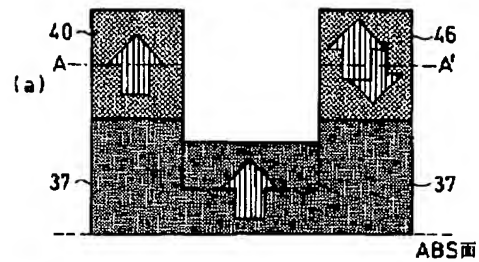
本発明の第3の実施の形態の磁気センサの説明図



- | | | |
|----------------|-----------------|-----------------|
| 11: 下部リードギャップ層 | 17: PdPtMn反強磁性層 | 25: CoFe層 |
| 12: Ta下地層 | 18: Taキャップ層 | 26: Ru層 |
| 13: NiFe層 | 20: NiFe下地層 | 27: CoFe層 |
| 14: CoFeフリー層 | 21: PdPtMn反強磁性層 | 28: 積層フェリ層 |
| 15: Cu中間層 | 23: 磁区制御層 | 29: PdPtMn反強磁性層 |
| 16: CoFeピン層 | 24: NiFe下地層 | |

【図6】

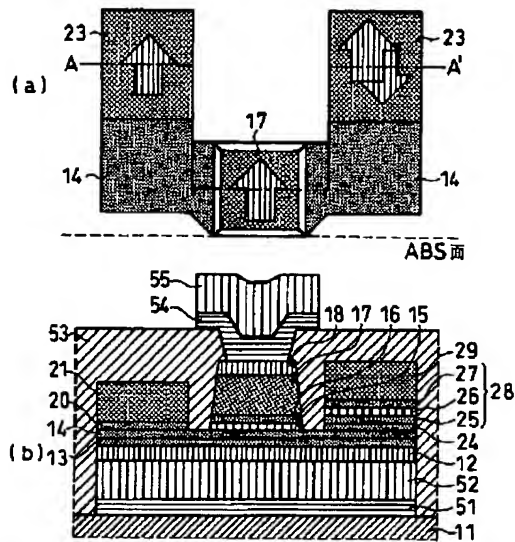
本発明の第4の実施の形態の磁気センサの説明図



- | | |
|-----------------|-----------------|
| 31: 下部リードギャップ層 | 39: NiFe下地層 |
| 32: Ta下地層 | 40: PdPtMn磁区制御層 |
| 33: NiFe層 | 41: NiFe下地層 |
| 34: PdPtMn反強磁性層 | 42: CoFe層 |
| 35: CoFeピン層 | 43: Ru層 |
| 36: Cu中間層 | 44: CoFe層 |
| 37: CoFeフリー層 | 45: 積層フェリ層 |
| 38: Taキャップ層 | 46: PdPtMn磁区制御層 |

【図7】

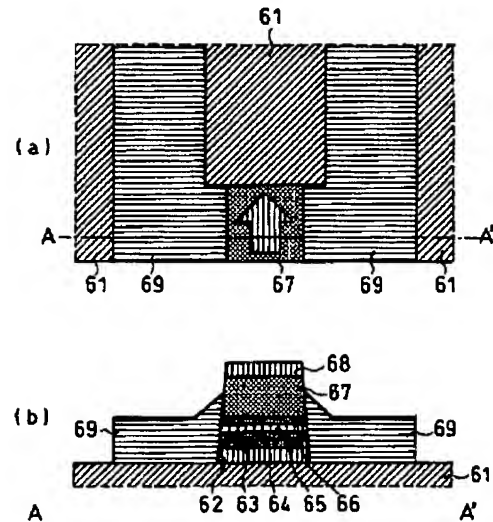
本発明の第5の実施の形態の磁気センサの説明図



- | | | |
|---------------|--------------|-----------------------|
| 11:下部リードギャップ層 | 18:Taキャップ層 | 28:積層フェリ層 |
| 12:Ta下地層 | 20:NiFe下地層 | 29:PtMn |
| 13:NiFe層 | 21:PtMn反強磁性層 | 反強磁性層 |
| 14:CoFeフリー層 | 23:磁区制御層 | 51:Cr密着層 |
| 15:Cu中間層 | 24:NiFe下地層 | 52:Au下部電極 |
| 16:CoFeピンド層 | 25:CoFe層 | 53:SiO ₂ 膜 |
| 17:PtMn層 | 26:Ru層 | 54:Cr密着層 |
| 反強磁性層 | 27:CoFe層 | 55:Au上部電極 |

【図8】

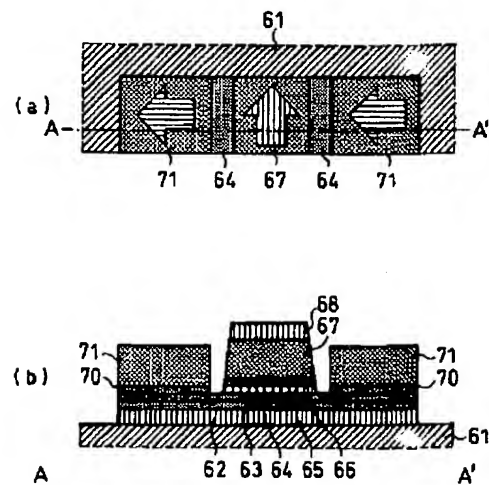
従来の硬磁性磁区制御層を用いた磁気センサの説明図



- | | |
|---------------|--------------|
| 61:下部リードギャップ層 | 68:CoFeピンド層 |
| 62:Ta下地層 | 67:PtMn反強磁性層 |
| 63:NiFe層 | 68:Taキャップ層 |
| 64:CoFeフリー層 | 69:硬磁性磁区制御層 |
| 65:Cu中間層 | |

【図9】

従来の反強磁性磁区制御層を用いた磁気センサの説明図



- | | |
|---------------|--------------|
| 61:下部リードギャップ層 | 66:CoFeピンド層 |
| 62:Ta下地層 | 67:PtMn反強磁性層 |
| 63:NiFe層 | 68:Taキャップ層 |
| 64:CoFeフリー層 | 70:NiFe下地層 |
| 65:Cu中間層 | 71:反強磁性磁区制御層 |

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G017 AD55 AD59 AD63 AD65
5D034 BA03 BA04 BA05 CA08
5E049 AC05 BA12 BA16 DB12